

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

УДК 624.01/.04

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХСЯ В ВОЗДУШНЫХ СРЕДАХ С УЧЕТОМ ИХ КОРРОЗИОННОГО ИЗНОСА

канд. техн. наук, доц. А.А. ВАСИЛЬЕВ
(Белорусский государственный университет транспорта, Гомель)

Выполнена оценка определения толщины карбонизированного слоя бетона фенолфталеиновым тестом (ФФТ). Показано, что использование ФФТ не позволяет оценивать степень карбонизации бетона, толщину нейтрализованного слоя и состояние защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре. Индикаторные методы являются искусственными, их нельзя использовать для оценки и прогнозирования карбонизации бетона и необходимо исключить из нормативных документов. Предложен метод оценки технического состояния железобетонных конструкций (ЖБК), подверженных карбонизации, основанный на изучении изменения физико-химических характеристик бетона в зоне расположения арматуры. Показана необходимость использования физико-химического анализа бетона для оценки технического состояния ЖБК при обследовании зданий и сооружений.

Введение. Основным способом оценки состояния бетона и его защитных свойств по отношению к арматуре во всем мире является индикаторный тест (фенолфталеиновый тест – ФФТ, либо тимолфталеиновый – ТФТ). В Республике Беларусь в соответствии с пунктом 8.3.17 ТКП 45-1.04-37-2008 (02250) «Обследование строительных конструкций зданий и сооружений порядок проведения» состояние бетона по степени карбонизации также определяется фенолфталеиновой пробой.

При использовании ФФТ на скол бетона с помощью капельницы или пипетки наносят 0,1 %-ный раствор фенолфталеина в этиловом спирте. При изменении pH от 8,3 до 14 окраска индикатора изменяется от бесцветной до ярко-малиновой. Свежий излом образца бетона в карбонизированной зоне после нанесения на него раствора фенолфталеина имеет серый цвет, а в некарбонизированной зоне приобретает ярко-малиновую окраску. Считается, что бетон в неокрашенной зоне нейтрализован и потерял свои защитные свойства по отношению к арматуре, а в окрашенной – находится в удовлетворительном состоянии. Примерно через минуту после нанесения индикатора измеряют линейкой с точностью до 0,5 мм расстояние от поверхности образца до границы ярко окрашенной зоны в направлении, нормальном к поверхности. Измеренная величина есть глубина карбонизации бетона. В бетонах с равномерной структурой пор граница ярко окрашенной зоны расположена обычно параллельно наружной поверхности. В бетонах с неравномерной структурой пор граница карбонизации может быть извилистой. В этом случае необходимо измерять максимальную и среднюю глубину карбонизации бетона.

Постановка задачи. Целью данной работы явилась разработка метода оценки технического состояния ЖБК, эксплуатирующихся в воздушных средах с учетом изменения защитных свойств бетона по отношению к арматуре в процессе карбонизации бетона. В основу исследований положено использование методов pH- и карбометрии, поскольку показатель pH является основной количественной характеристикой перерождения цементного камня в карбонаты под воздействием внешней среды и универсальной характеристикой состояния бетона и его защитных свойств по отношению к арматуре, а показатель КС характеризует количественное содержание карбонатов в цементно-песчаной фракции бетона в массовых процентах и его влияние на изменение показателя pH.

Объектами исследования служили ЖБК различных типов, эксплуатировавшиеся длительные сроки в разных воздушных средах. Исследования проводились в лабораторных условиях на образцах, отобранных из эксплуатируемых конструкций. Для анализа отбирались образцы бетона в зоне расположения арматуры, а также выбуриванием до глубины 100 мм. Показатели pH и КС определялись по методике [1]. Статистическую обработку экспериментальных данных производили при помощи табличного процессора «Excel».

Результаты исследований и их обсуждение. Сама по себе карбонизация не вызывает коррозии стальной арматуры, однако развиваясь во времени она изменяет щелочность бетона, измеряемую показателем pH – водородным показателем водной вытяжки цементного камня.

Лабораторные исследования авторами [2] образцов бетона (порошков, полученных из различных длительно эксплуатируемых конструкций) показывают, что значение границы перехода окраски карбонизированного слоя соответствует показателю pH $\approx 10,3$. Таким образом, по ФФТ бетон нейтрализуется при pH ≈ 10 . Многочисленные исследователи считают, что бетон нейтрализуется и теряет свои защитные

свойства при $\text{pH} = 9$. По исследованиям В.И. Бабушкина, бетон теряет свои защитные свойства по отношению к арматуре при $\text{pH} < 11,8$ [3]. Таким образом, значение $\text{pH} = 10$ по ФФТ не является граничной величиной и очень условно определяет границу карбонизации и состояние защитных свойств бетона по отношению к арматуре.

Выше достаточно подробно рассмотрено изменение карбонатной составляющей по сечению бетона. Но изменение щелочности поровой жидкости по сечению бетона, так же как и карбонатной составляющей [4, 5], происходит не линейно, а по сложной зависимости (рис. 1).

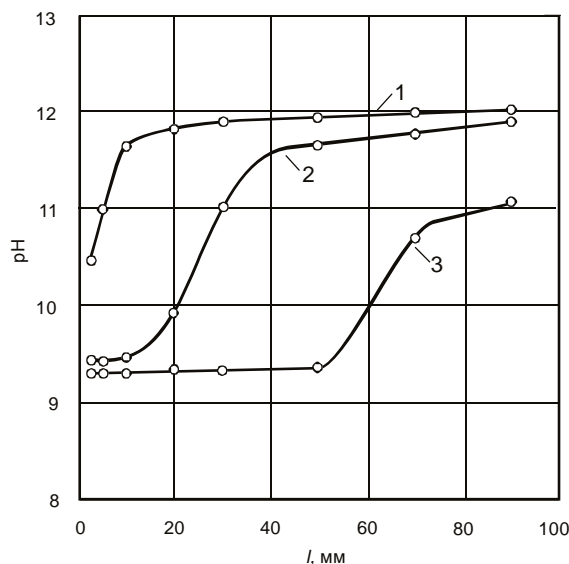


Рис. 1. Экспериментальные зависимости $l - \text{pH}$ для колонн, эксплуатировавшихся в различных условиях:

- 1 – $l - \text{pH}$ – для колонны после 10 лет эксплуатации в атмосферных условиях;
- 2 – $l - \text{pH}$ – для колонны после 20 лет эксплуатации в помещении коровника;
- 3 – $l - \text{pH}$ – для колонн после 30 лет эксплуатации в помещении коровника

Результаты обследований многочисленных конструкций с различными сроками эксплуатации показывают, что во всех случаях имеет место медленное снижение по сечению конструкций (в сторону поверхности бетона) показателя pH с возрастанием концентрации карбонатов. И если карбонатная составляющая начинает расти практически с момента изготовления конструкции, то показатель щелочности значительный промежуток времени остается постоянным либо снижается очень незначительно. Этот период длится в течение 2...10 лет, а иногда достигает нескольких десятилетий (при незначительном изменении показателя pH), и его можно отнести к инкубационному периоду. Он зависит от концентрации CO_2 в атмосфере, пористости бетона, его структуры (т.е. от водоцементного отношения (В/Ц), характера заполнителей и добавок, вида и расхода вяжущих), условий твердения, и главное – от условий эксплуатации.

Заторможенность снижения показателя pH указывает на проявление цементным камнем свойств буферных растворов, которые характеризуются буферной емкостью. Буферная емкость определяет сопротивление бетона изменению щелочности поровой жидкости под воздействием кислых газов или растворов. Она зависит от начального значения показателя pH после изготовления ЖБК, которая в свою очередь зависит от состава цемента, его количества, соотношения заполнителей к вяжущему и других факторов.

Многолетние авторские исследования бетона защитного слоя конструкций, эксплуатирующихся длительные сроки в различных атмосферных средах, показывают, что достаточно часто в слое бетона, в котором по ФФТ он находится в удовлетворительном состоянии, наблюдается коррозия стальной арматуры различной степени интенсивности. Также необходимо отметить, что при оценке толщины карбонизированного слоя в полевых условиях с учетом извилистости линии, определяющей границу карбонизации, погрешность оценки достигает двухсот и более процентов.

Описанное выше указывает на необходимость исследования возможности использования ФФТ для оценки защитных свойств бетона по отношению к арматуре и корректности его применения.

Сравнение оценок защитных свойств бетона ФФТ и pH -метрий. В качестве примера оценки защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре ФФТ и pH -метрией на рисунке 2 приведены результаты исследования изменения во времени по сечению бетона показателей pH и КС однотипных конструкций – крайних и средних колонн одного ряда коровника, эксплуатировавшегося в течение 35 лет.

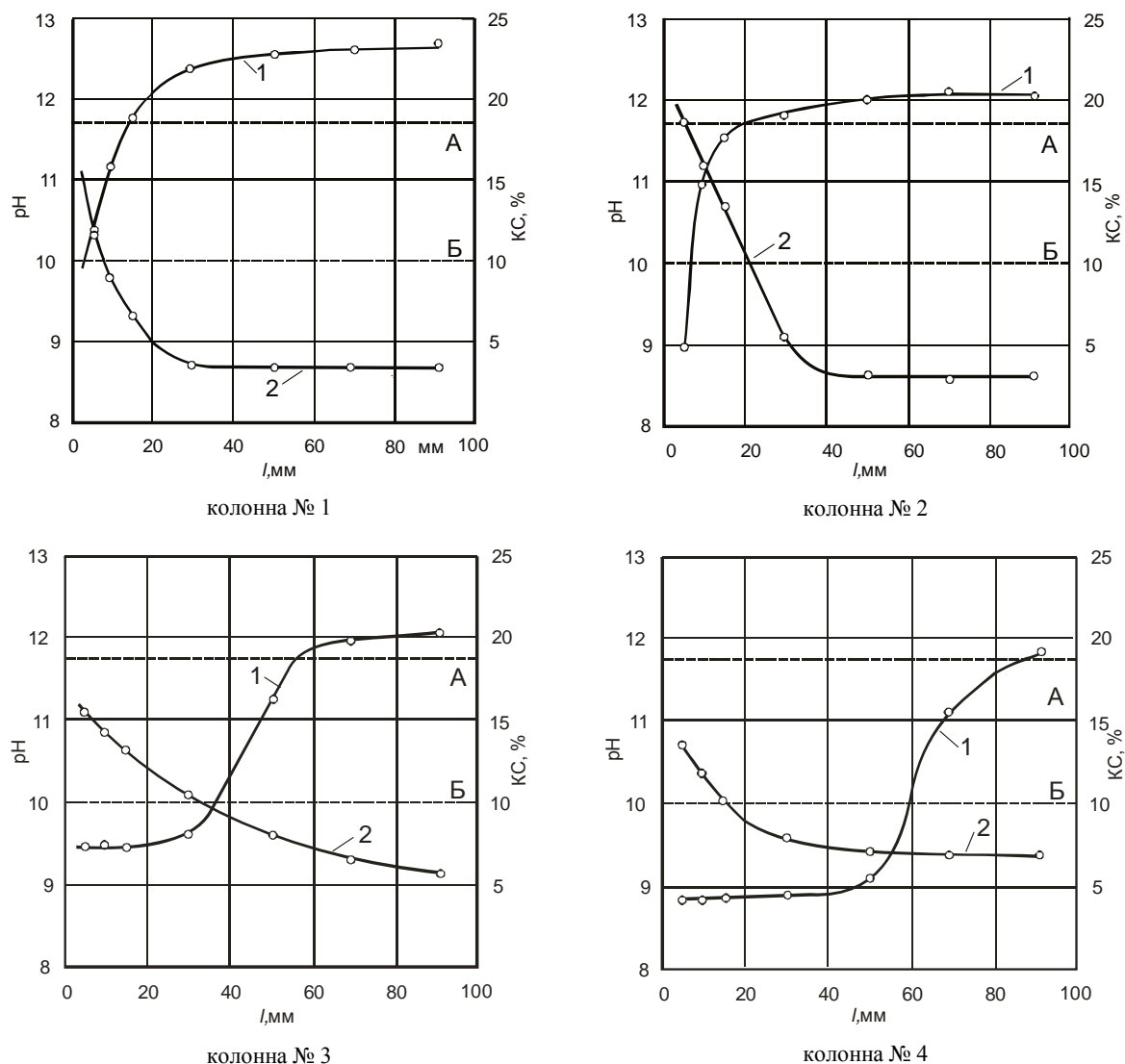


Рис. 2. Экспериментальные зависимости l – pH и l – КС
для колонн крайних рядов (колонны № 1 и 2) и колонн средних рядов (колонны № 3 и 4):
1 – l – pH; 2 – l – КС

Из полученных графиков по pH-метрии (на рисунке 2 линия «А») видно, что бетон колонн потерял защитные свойства: № 1 на глубину ≈ 15 мм; № 2 – ≈ 20 ; № 3 – ≈ 85 ; № 4 – ≈ 90 мм. Анализируя графики по ФФТ (на рисунке 2 линия «Б»), получаем, что бетон колонн потерял защитные свойства: № 1 на глубину ≈ 3 мм; № 2 – ≈ 8 ; № 3 – ≈ 40 ; № 4 – ≈ 60 мм. Приведенные кривые показывают, что разница в определении толщины нейтрализованного бетона составляет от 150 % (колонна № 4) до 500 % (колонна № 1).

Аналогичные результаты наблюдаются при исследовании бетона любых типов ЖБК, эксплуатирующихся длительные сроки в различных атмосферных условиях. Они показывают, что любые индикаторные методы (не только ФФТ) не позволяют количественно оценивать показатель pH в зоне расположения арматуры, детально судить о его изменении в нейтрализованной зоне и за ее пределами и, как следствие, о состоянии защитных свойств бетона по отношению к арматуре.

Таким образом, выполненные исследования, основные результаты которых представлены выше, показывают, что использование любых индикаторных методов (не только ФФТ) не позволяет оценивать степень карбонизации бетона и состояние его защитных свойств по отношению к стальной арматуре, их изменение до граничного значения и за его пределами. Они являются искусственными, их нельзя использовать для оценки и прогнозирования карбонизации бетона и необходимо исключить из нормативных документов. Для оценки степени карбонизации бетона и состояния его защитных свойств по отношению к стальной арматуре необходимо разработать методики, основанные на результатах исследования изменения физико-химических свойств бетона во времени и по сечению реальных ЖБК, эксплуатирующихся

длительные сроки в различных воздушных средах. Одним из таких методов может стать предлагаемый автором физико-химический метод [6], основанный на pH- и карбометрии.

При обследовании ЖБК определяли физико-химические характеристики бетона защитного слоя (показатели pH и КС) в зоне расположения арматуры, а также визуально, с помощью измерительных инструментов – состояние арматуры.

Для оценки состояния арматуры использовалась предложенная автором балльная система оценки состояния стальной арматуры в зависимости от степени коррозионных повреждений (табл. 1).

Таблица 1

Оценка состояния стальной арматуры ЖБК

Степень коррозии арматуры (балл)	Внешние признаки коррозии арматуры
I	Чистая поверхность
II	Сплошная коррозия до 50 % поверхности стержня
III	Сплошная коррозия более 50 % поверхности стержня
IV	Пластинчатая коррозия малой интенсивности (уменьшение площади сечения на величину до 20 %)
V	Пластинчатая коррозия высокой интенсивности (уменьшение площади сечения на величину более 20 %)

На основе результатов обследования ЖБК, эксплуатировавшихся длительные сроки в различных атмосферных условиях, выявлена зависимость коррозионного состояния арматуры от состояния защитного слоя бетона (показателей pH и КС). Результаты анализов выборок для каждой степени коррозии арматуры представлены в таблице 2.

Таблица 2

Взаимосвязь степени коррозии арматуры с показателями pH и КС

Степень коррозии арматуры	pH		КС, %	
	верхняя доверительная граница с вероятностью 0,95	нижняя доверительная граница с вероятностью 0,95	верхняя доверительная граница с вероятностью 0,95	нижняя доверительная граница с вероятностью 0,95
I	12,62	11,77	11,12	5,88
II	11,82	10,97	17,07	8,94
III	11,22	10,22	19,94	11,04
IV	10,44	9,39	24,11	14,08
V	9,59	8,07	28,36	17,90

Оценка технического состояния конструкций производилась в зависимости от условий эксплуатации, которые были разделены на следующие категории: атмосферные условия, условия общественных зданий (в том числе цеха с неагрессивной средой), условия помещений сельскохозяйственного назначения. Результаты обследования различных типов ЖБК с использованием методов pH- и карбометрии и оценки состояния арматуры позволили назначить количественные критерии качественной оценки технического состояния ЖБК по физико-химическим показателям цементно-песчаной фракции бетона pH и КС и степени коррозии арматуры (табл. 3).

Таблица 3

Критерии оценки технического состояния ЖБК по физико-химическим показателям бетона в зоне расположения арматуры

pH	КС, %	Состояние бетона и арматуры. Техническое состояние железобетонной конструкции (в соответствии с СНБ 1.04.01-04)
1	2	3
12,7...11,8	5...9	Происходит плавное снижение показателя pH, свидетельствующее о нейтрализации бетона и падении его защитных свойств по отношению к арматуре. Показатель pH приближается к границе, после которой бетон полностью нейтрализуется и теряет свои защитные свойства по отношению к арматуре, что вызывает развитие коррозии в условиях переменной влажности. Бетон сохраняет защитные свойства по отношению к арматуре, арматура – в пассивном состоянии. Состояние бетона, арматуры – удовлетворительное. Техническое состояние ЖБК – удовлетворительное

Окончание таблицы 3

1	2	3
1,8...11,3	9...16	Происходит резкое снижение показателя pH, свидетельствующее о потере бетоном защитных свойств по отношению к арматуре. Первая степень коррозии арматуры. Состояние бетона, арматуры – удовлетворительное. Техническое состояние ЖБК – удовлетворительное
11,3...10,8	12...18	Развитие деградационных процессов в бетоне. Вторая степень коррозии арматуры при pH = (11,0...11,3). Состояние бетона, арматуры – удовлетворительное. Техническое состояние ЖБК – удовлетворительное
		Третья степень коррозии арматуры при pH = (10,8...11,0). Состояние бетона, арматуры – не вполне удовлетворительное. Техническое состояние ЖБК – не вполне удовлетворительное
10,8...10,3	14...22	Образование волосяных трещин в местах расположения рабочей и конструктивной арматуры. Третья степень коррозии арматуры при pH = (10,5...10,8). Состояние бетона, арматуры – не вполне удовлетворительное. Техническое состояние ЖБК – не вполне удовлетворительное
		Образование трещин в местах расположения рабочей и конструктивной арматуры. Раскрытие трещин в местах недостаточной толщины защитного слоя. Отслаивание защитного слоя бетона в местах его недостаточной толщины. Четвертая степень коррозии арматуры при pH = (10,3...10,5). Состояние бетона, арматуры – неудовлетворительное. Техническое состояние ЖБК – неудовлетворительное
10,3...9,5	17...28	Деградация бетона повышенной интенсивности. Раскрытие трещин в местах расположения рабочей и конструктивной арматуры. Отслаивание и разрушение защитного слоя бетона. Четвертая степень коррозии арматуры при pH = (10,3...9,8). Состояние бетона, арматуры – неудовлетворительное. Техническое состояние ЖБК – неудовлетворительное
		Пятая степень коррозии арматуры при pH = (9,8...9,5). Состояние бетона, арматуры – неудовлетворительное. Техническое состояние ЖБК – неудовлетворительное
< 9,5	20...30	Полная деградация бетона. Потеря сцепления цементного камня с заполнителем. Отслаивание и разрушение защитного слоя бетона. Пятая степень коррозии арматуры. Состояние бетона и арматуры – неудовлетворительное. Техническое состояние ЖБК – предаварийное
< 10	2...9	Нарушен рецептурный состав (недостаток вяжущего и избыток заполнителей). Техническое состояние конструкций оценивается по результатам детального обследования

Разработанные критерии оценки технического состояния ЖБК позволяют назначить категории по их восстановлению (см. табл. 3) и в соответствии с ними разработать мероприятия по восстановлению целостности и несущей способности ЖБК. Ориентировочный состав работ по восстановлению конструкций в соответствии с категорией восстановления и в зависимости от технического состояния обследованной конструкции приведен в таблице 4. В каждом конкретном случае состав работ может изменяться (дополняться) в зависимости от результатов детального обследования железобетонных элементов (конструкций). Предлагаемые критерии оценки технического состояния ЖБК в совокупности с мероприятиями по восстановлению конструкций значительно расширяют возможности обследования ЖБК с целью более объективной оценки их технического состояния и разработки рекомендаций по дальнейшей безопасной эксплуатации конструкций. Их использование при оценке защитных свойств бетона по отношению к арматуре является дополнительным методом оценки технического состояния ЖБК, эксплуатирующихся в различных атмосферных средах.

Многолетние исследования бетона методами pH- и карбометрии реально эксплуатирующихся конструкций показывают, что развитие карбонизации, вызывающей изменение защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре, в первую очередь зависит от условий эксплуатации. Чем они жестче, тем быстрее карбонизируется бетон, создавая возможность развития коррозии арматуры, либо повышая интенсивность уже имеющейся. Так, сравнивая состояние конструкций, эксплуатирующихся в условиях жилых зданий и помещений, используемых в сельскохозяйственной отрасли, получаем, что в условиях жилых зданий карбонизация развивается значительно медленнее, бетон теряет свои защитные свойства через десятилетия. И даже при их полной потере коррозия арматуры в жилых помещениях практически не развивается, поскольку в сухих условиях она тормозится высоким омическим сопротивлением бетона. В помещениях, используемых в сельском хозяйстве, наоборот, уже через несколько лет бетон полностью

теряет свои защитные свойства по отношению к арматуре, не только создавая условия для коррозии арматуры, но и вызывая ее различные степени интенсивности.

Таблица 4

Мероприятия по восстановлению конструкций

Категория восстановления	Мероприятия по восстановлению конструкций
I	Специальных мероприятий по восстановлению либо усилению конструкций не требуется
II	Применение способов вторичной защиты бетона (оштукатуривание, побелка, окрашивание и т. д.)
III	Гидроизоляция поверхности бетона составами проникающего действия для ослабления воздействия агрессивности среды и снижения интенсивности коррозионных процессов в бетоне и арматуре
IV	Ревизия защитного слоя бетона с удалением поврежденных и отслоившихся фрагментов. Расшивка и заделка трещин ремонтными составами. Зачистка оголенной арматуры и покрытие ее антикоррозионным составом. Восстановление защитного слоя бетона ремонтными составами. Обработка поверхности бетона составами проникающего действия для ослабления воздействия агрессивности среды и снижения интенсивности коррозионных процессов в бетоне и арматуре
V	Ревизия защитного слоя бетона с удалением поврежденных и отслоившихся фрагментов. Расшивка и заделка трещин ремонтными составами. Зачистка оголенной арматуры и покрытие ее антикоррозионным составом. Восстановление защитного слоя бетона ремонтными составами. Обработка поверхности бетона составами проникающего действия для ослабления воздействия агрессивности среды и снижения интенсивности коррозионных процессов в бетоне и арматуре. Усиление элемента (необходимость усиления и степень усиления элемента определяются расчетом)

Авторские исследования плит покрытия в помещениях, используемых в сельском хозяйстве, показывают, что их средний срок службы до возникновения интенсивной пластинчатой коррозии рабочих стержней и, как следствие, значительной потери несущей способности плит, составляет в среднем 8 лет. С другой стороны, при эксплуатации конструкций в одних и тех же условиях, состояние бетона и его защитных свойств разительно отличаются. Так, в соответствии с данными (см. рис. 1), в средней части коровника, характеризующейся повышенными влажностью и содержанием углекислого газа, за длительный период эксплуатации карбонизация колонн выше, чем в остальной его части, что значительно снизило их долговечность. В жилых зданиях за десятки лет эксплуатации бетон плит перекрытий в помещениях ванных комнат полностью теряет свои защитные свойства по отношению к арматуре, создавая возможность развития коррозионных процессов в арматуре различной степени интенсивности; в помещениях кухонь – значительно снижает их, а в спальнях помещений сохраняет защитные свойства по отношению к арматуре и, соответственно, она находится в пассивном состоянии.

При реконструкции зданий и сооружений конструкции (например, плиты покрытия) часто оголяются и за этот непродолжительный период развиваются интенсивные коррозионные процессы в арматуре, значительно снижая долговечность плит, хотя они по результатам обследования находились в удовлетворительном состоянии. К этому приводит неучет состояния защитных свойств бетона и лавинообразный характер развития коррозионных процессов в арматуре. Добавляется значительное количество работ, которые не были учтены при разработке ПСД, что ведет к увеличению сроков восстановления конструкций и значительному удорожанию работ. Особого внимания к себе требует возобновление строительства после длительных сроков нахождения объектов под открытым небом. В таких условиях помимо интенсивной карбонизации ЖБК подвергаются интенсивному увлажнению и морозной деструкции, что приводит к ускоренному снижению защитных свойств бетона по отношению к арматуре.

Физико-химический анализ бетона. Несмотря на значительное количество существующих в мире методов технической диагностики только физико-химический анализ бетона позволяет оценивать защитные свойства бетона по отношению к арматуре как в зоне расположения арматуры, так и в любой точке сечения бетона и по ним – техническое состояние ЖБК в целом либо их участков. Физико-химический анализ бетона должен выполняться: при возобновлении строительства объектов после длительных сроков отсутствия работ; детальном обследовании ЖБК, эксплуатирующихся в атмосферных условиях; любом виде обследования при наличии сомнений в состоянии конструкций; анализе причин коррозии арматуры при отсутствии явных признаков агрессивной среды; расследовании причин обрушений ЖБК. Однако с учетом его значительной стоимости, необходимости использования специализированного оборудования при выполнении физико-химического анализа необходимо тщательно подходить к выбору участков отбора образцов и обоснованно принимать их количество. А с учетом необходимости наличия

специалистов для грамотной трактовки полученных результатов физико-химический анализ необходимо выполнять в специализированных лабораториях.

Заключение. Существующие методы оценки карбонизации бетона и его защитных свойств по отношению к арматуре, основанные на индикаторных тестах, не подтверждаются лабораторными исследованиями реально эксплуатируемых ЖБК. Предлагаемый метод, заключающийся в отборе образцов бетона в зоне расположения арматуры, определении показателей pH и КС и сравнении их с граничными показателями по назначенным «Критериям оценки технического состояния ЖБК», позволяющий оценивать техническое состояние ЖБК, которые эксплуатируются в различных воздушных средах, с учетом происходящих в защитном слое бетона физико-химических процессов, является дополнительным неразрушающим методом обследования ЖБК. Его применение дает возможность значительно повысить объективность оценки технического состояния ЖБК и эффективность выбора мероприятий по восстановлению конструкций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Неразрушающие методы оценки и прогнозирование технического состояния железобетонных конструкций, эксплуатирующихся в воздушных средах: практ. пособие / Т.М. Пецольт [и др.]; под ред. А.А. Васильева; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т транспорта. – Гомель: БелГУТ, 2007. – 146 с.
2. Кудрявцев, И.А. Исследование карбонизации железобетонных конструкций с длительным сроком эксплуатации / И.А. Кудрявцев, В.П. Богданов // Материалы, технологии, инструменты. – 2000. – Т. 5, № 3. – С. 97 – 100.
3. Бабушкин, В.И. Физико-химические процессы коррозии бетона и железобетона / В.И. Бабушкин. – М.: Стройиздат, 1968. – 187 с.
4. Васильев, А.А. Оценка и прогнозирование состояния железобетонных конструкций, эксплуатирующихся в различных воздушных средах, на основе методов pH- и карбометрии / А.А. Васильев // Строительная наука и техника. – 2006. – № 4(7). – С. 81 – 88.
5. Васильев, А.А. Оценка существующей модели карбонизации / А.А. Васильев // Строительная наука и техника. – 2009. – № 1(22). – С. 54 – 58.
6. Васильев, А.А. Совершенствование методов оценки коррозионного износа железобетонных конструкций / А.А. Васильев // Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров: сб. науч. ст. – Гродно, 2010. – С. 300 – 305.

Поступила 03.06.2010

IMPROVEMENT OF TECHNICAL CONDITION EVALUATION METHOD OF REINFORCED CONCRETE CONSTRUCTIONS EXPLOITED IN AIR ENVIRONMENT TAKING INTO CONSIDERATION THEIR CORROSION WEAR

A. VASIL'EV

It is made evaluation of determination of concrete carbonated layer thickness by phenolphthalein test (PPT). It is shown that PPT use does not allow to evaluate concrete carbonation degree, the thickness of carbonated layer and concrete protective properties condition in relation to steel reinforcement. Indicator methods are artificial and the can not be used for estimation and forecasting of concrete carbonation, they must be excluded from normative documents. It is suggested the method of technical condition evaluation of reinforced concrete constructions RCC subjected to carbonation based on the investigation of concrete physical chemical properties change in the area of reinforcement location. It is shown the necessity of usage of concrete physical chemical analysis for evaluation of RCC technical state at buildings and constructions examination.